


OBLIQUE PROJECTION OPTICAL SYSTEM

Patent number: JP2001215412
Publication date: 2001-08-10
Inventor: OSAWA SATOSHI; KONNO KENJI; ISHIHARA
ATSUSHI
Applicant: MINOLTA CO LTD
Classification:
- **International:** G02B17/08; G02B27/18; G03B21/00
- **European:**
Application number: JP20000027303 20000131
Priority number(s):

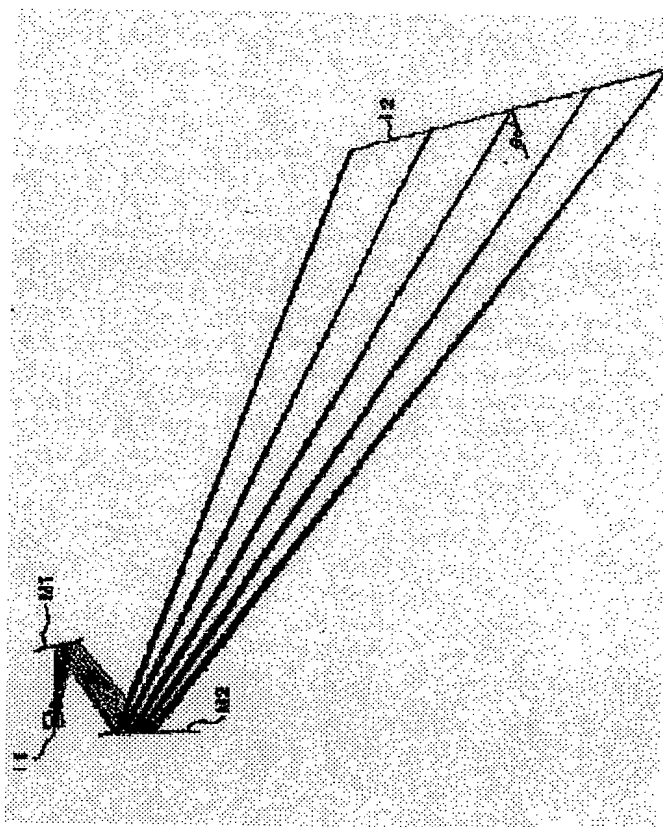
Also published as:

 JP2001215412 (A)

Abstract of JP2001215412

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an oblique projection optical system capable of being made compact while an oblique projection angle is sufficiently secured, easy to be produced and having high performance.

SOLUTION: An image is projected magnified in an oblique direction from a primary image surface 11 to a secondary image surface 12. This optical system is equipped with two or more refractive lens groups eccentric each other and one or more reflection surfaces having power. When a light beam passing through the center of a diaphragm ST from the center of an image surface 11 and reaching the center of the image surface 12 is set as the center light beam of the screen, $10^\circ < \theta < 70^\circ$ and $0.40 < S1/S < 0.9$ [θ : the angle formed by the center light beam of the screen with the normal to the image surface 12, S: the optical path length of the center light beam of the screen from the image surface 11 to the image surface 12 and S1: the optical path length of the center light beam of the screen from the image surface 12 to the first optical surface having power] is satisfied.



Data supplied from the esp@cenet database - Patent Abstracts of Japan

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-215412

(P2001-215412A)

(43) 公開日 平成13年8月10日 (2001.8.10)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テ-マコ-ト*(参考)

G 0 2 B 17/08

G 0 2 B 17/08

A 2 H 0 8 7

27/18

27/18

Z

G 0 3 B 21/00

G 0 3 B 21/00

D

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2000-27303(P2000-27303)

(22) 出願日 平成12年1月31日 (2000.1.31)

(71) 出願人 000006079

ミノルタ株式会社

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル

(72) 発明者 大澤 聡

大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪

国際ビル ミノルタ株式会社内

(72) 発明者 金野 賢治

大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪

国際ビル ミノルタ株式会社内

(74) 代理人 100085501

弁理士 佐野 静夫

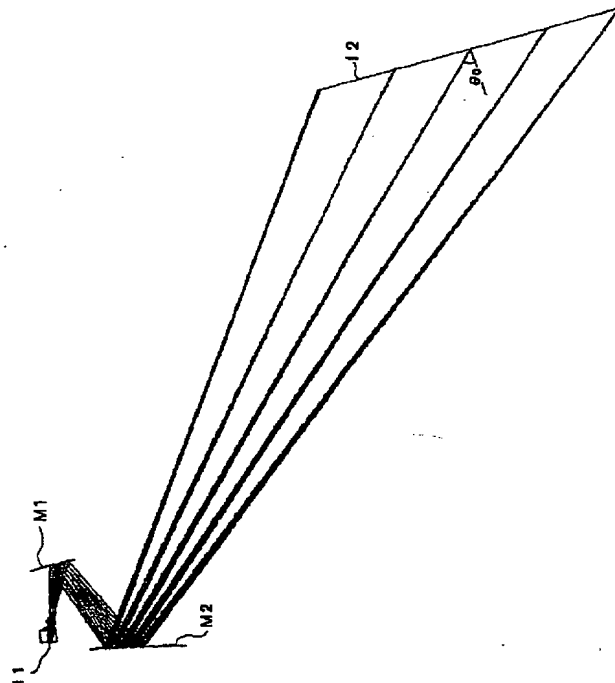
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 斜め投影光学系

(57) 【要約】

【課題】 斜め投影角度を十分にとりながらコンパクト化を達成した、製造容易で高性能な斜め投影光学系を提供する。

【解決手段】 1次像面(I1)から2次像面(I2)へ斜め方向に拡大投影する。互いに偏心した2つ以上の屈折レンズ群とパワーを有する1面以上の反射面を備える。像面(I1)中心から絞り(ST)中心を通り像面(I2)中心に到達する光線を画面中心光線とすると、 $10^\circ < \theta_0 < 70^\circ$, $0.40 < S1/S < 0.9$ [θ_0 : 画面中心光線が像面(I2)の法線となす角度、S: 像面(I1)から像面(I2)までの画面中心光線の光路長、S1: 像面(I2)から最初のパワーを有する光学面までの画面中心光線の光路長]を満たす。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 縮小側の1次像面から拡大側の2次像面への斜め方向の拡大投影を行う斜め投影光学系であって、互いに偏心した2つ以上の屈折レンズ群を備えるとともに、パワーを有する反射面を1面以上備え、前記1次像面から前記2次像面までに中間実像を結像することなく、前記1次像面の画面中心から絞りの中心を通り前記2次像面の画面中心に到達する光線を画面中心光線とすると、以下の条件式を満たすことを特徴とする斜め投影光学系；

$$10^{\circ} < \theta_0 < 70^{\circ}$$

$$0.40 < S1/S < 0.9$$

ただし、

θ_0 ：画面中心光線が2次像面の法線となす角度、

S ：1次像面から2次像面までの画面中心光線の光路長、

$S1$ ：2次像面から最初のパワーを有する光学面までの画面中心光線の光路長

である。

【請求項2】 前記1次像面と前記絞りとの間に屈折面のみが配置されていることを特徴とする請求項1記載の斜め投影光学系。

【請求項3】 前記反射面の1面以上が自由曲面形状を有することを特徴とする請求項1記載の斜め投影光学系。

【請求項4】 前記絞りより2次像面側に、前記反射面を構成する反射ミラーが2面配置されており、絞り側の反射ミラーが正パワーを有し、2次像面側の反射ミラーが負パワーを有することを特徴とする請求項1記載の斜め投影光学系。

【請求項5】 前記屈折レンズ群を構成している屈折レンズのうち最も1次像面側に配置されている屈折レンズが正のパワーを有し、以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項1記載の斜め投影光学系；

$$-1.7 < fs \times \beta y / S < -0.8$$

ただし、 fs ：最も1次像面側の正の屈折レンズの焦点距離、

βy ：斜め投影方向の拡大倍率、

である。

【請求項6】 一部の光学要素を動かすことでフォーカスを行うことを特徴とする請求項1記載の斜め投影光学系。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は斜め投影光学系に関するものであり、例えば1次像面から2次像面への斜め方向の拡大投影を行う、画像投影装置に好適な斜め投影光学系に関するものである。

【0002】

【従来の技術】液晶ディスプレイ(LCD: liquid crys-

tal display)等に表示された画像をスクリーンに拡大投影する画像投影装置において、スクリーンの大型化を達成しつつも投影装置全体をコンパクトにする目的で、画像を斜め方向からスクリーンに拡大投影する装置が種々提案されている。その具体的な例としては、投影光学系のすべての光学要素を反射ミラーで構成した装置(特開平10-111474号公報)、投影光学系のすべての光学要素を屈折レンズで構成した装置(特開平10-282451号公報)、反射ミラーと屈折レンズとが組み合わされた投影光学系を有する装置(特開平9-179064号公報)が挙げられる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】特開平10-111474号公報で提案されているように、すべての光学要素を反射ミラーで構成すると、構成要素を少なくすることができる。しかし、反射ミラーには色収差補正の自由度がないため、多板式によるカラー化の構成では色合成用光学素子の配置に制約が生じてしまう。また、大径の曲面ミラーを低コストで得るためにはミラーをプラスチックで成型する必要があるが、プラスチック面上に高効率な反射コートを形成することは困難である。このため、プラスチック製のミラーを高輝度のプロジェクターに使用すると、ミラーの温度が上昇して反射面形状が変形し、収差の悪化や耐久性の低下を招くことになる。

【0004】特開平10-282451号公報で提案されているように、すべての光学要素を屈折レンズで構成すると、比較的小さい面積の光学要素で斜め投影を達成することができる。しかし、偏心したレンズ群が多数必要であり、そのうちのいくつかは大きく偏心させる必要があるため、光学要素の保持が困難である。特開平9-179064号公報で提案されているように、反射ミラーと屈折レンズとを組み合わせれば、偏心したレンズ群は少なく済み、投影光学系の構成も簡単になる。しかし、パワーを有するとともに面積の非常に大きい製造困難なミラーが必要になる。

【0005】本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであって、斜め投影角度を十分にとりながらコンパクト化を達成した、製造容易で高性能な斜め投影光学系を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、第1の発明の斜め投影光学系は、縮小側の1次像面から拡大側の2次像面への斜め方向の拡大投影を行う斜め投影光学系であって、互いに偏心した2つ以上の屈折レンズ群を備えるとともに、パワーを有する反射面を1面以上備え、前記1次像面から前記2次像面までに中間実像を結像することなく、前記1次像面の画面中心から絞りの中心を通り前記2次像面の画面中心に到達する光線を画面中心光線とすると、以下の条件式を満たすことを特徴とする。

$$10^\circ < \theta_0 < 70^\circ$$

$$0.40 < S1/S < 0.9$$

ただし、

θ_0 : 画面中心光線が2次像面の法線となす角度、

S : 1次像面から2次像面までの画面中心光線の光路長、

$S1$: 2次像面から最初のパワーを有する光学面までの画面中心光線の光路長、である。

【0007】第2の発明の斜め投影光学系は、上記第1の発明の構成において、前記1次像面と前記絞りとの間に屈折面のみが配置されていることを特徴とする。

【0008】第3の発明の斜め投影光学系は、上記第1の発明の構成において、前記反射面の1面以上が自由曲面形状を有することを特徴とする。

【0009】第4の発明の斜め投影光学系は、上記第1の発明の構成において、前記絞りより2次像面側に、前記反射面を構成する反射ミラーが2面配置されており、絞り側の反射ミラーが正パワーを有し、2次像面側の反射ミラーが負パワーを有することを特徴とする。

【0010】第5の発明の斜め投影光学系は、上記第1の発明の構成において、前記屈折レンズ群を構成している屈折レンズのうち最も1次像面側に配置されている屈折レンズが正のパワーを有し、以下の条件式を満たすことを特徴とする。

$$-1.7 < fs \times \beta_y / S < -0.8$$

ただし、

fs : 最も1次像面側の正の屈折レンズの焦点距離、

β_y : 斜め投影方向の拡大倍率、

である。

【0011】第6の発明の斜め投影光学系は、上記第1の発明の構成において、一部の光学要素を動かすことでフォーカスを行うことを特徴とする。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明を実施した斜め投影光学系を、図面を参照しつつ説明する。図1に第1の実施の形態の1次像面(I1)から2次像面(I2)までの投影光路全体を示し、図2に第1の実施の形態の光学構成及び投影光路要部を示す。図5に第2の実施の形態の1次像面(I1)から2次像面(I2)までの投影光路全体を示し、図6に第2の実施の形態の光学構成及び投影光路要部を示す。また、図9及び図10に第3の実施の形態の1次像面(I1)から2次像面(I2)までの投影光路全体を各フォーカスポジション(i), (ii)について示し、図11及び図12に第3の実施の形態の光学構成及び投影光路要部を各フォーカスポジション(i), (ii)について示す。なお、これらの光路図は後述の直交座標系(X, Y, Z)におけるY-Z断面構成を示しており、図2、図6、図11及び図12中、*印が付された面は非球面、\$印が付された面は自由曲面であることを示している。

【0013】各実施の形態は、縮小側の1次像面(I1)から拡大側の2次像面(I2)への斜め方向の拡大投影を行う、画像投影装置用の斜め投影光学系である。したがって、1次像面(I1)は2次元画像を表示する表示素子(例えばLCD)の表示面に相当し、2次像面(I2)は投影像面(つまりスクリーン面)に相当する。なお、2次像面(I2)から1次像面(I1)への斜め方向の縮小投影を行う斜め投影光学系として、各実施の形態を画像読み取り装置に用いることも可能である。その場合、1次像面(I1)は画像読み取りを行う受光素子(例えばCCD(Charge Coupled Device))の受光面に相当し、2次像面(I2)は読み取り画像面(つまりフィルム等の原稿面)に相当する。

【0014】第1の実施の形態(図1、図2)は、1次像面(I1)側(縮小側)から順に、プリズムブロック(Pr)と、偏心した1枚の屈折レンズから成る第1屈折レンズ群(G1)と、共軸系を成す4枚の屈折レンズから成る第2屈折レンズ群(G2)と、絞り(ST)と、正パワーを有する第1反射ミラー(M1)と、負パワーを有する第2反射ミラー(M2)と、で構成されている。第1屈折レンズ群(G1)を構成している屈折レンズの縮小側面は非球面から成っており、第1、第2反射ミラー(M1, M2)の反射面は自由曲面から成っている。

【0015】第2の実施の形態(図5、図6)は、1次像面(I1)側(縮小側)から順に、プリズムブロック(Pr)と、偏心した1枚の屈折レンズから成る第1屈折レンズ群(G1)と、共軸系を成す4枚の屈折レンズから成る第2屈折レンズ群(G2)と、絞り(ST)と、偏心した1枚の屈折レンズから成る第3屈折レンズ群(G3)と、偏心した1枚の屈折レンズから成る第4屈折レンズ群(G4)と、負パワーを有する第1反射ミラー(M1)と、で構成されている。第1屈折レンズ群(G1)を構成している屈折レンズの縮小側面は非球面から成っており、第4屈折レンズ群(G4)を構成している屈折レンズの拡大側面は自由曲面から成っており、第1反射ミラー(M1)の反射面は自由曲面から成っている。

【0016】第3の実施の形態(図9～図12)は、1次像面(I1)側(縮小側)から順に、プリズムブロック(Pr)と、偏心した1枚の屈折レンズから成る第1屈折レンズ群(G1)と、共軸系を成す4枚の屈折レンズから成る第2屈折レンズ群(G2)と、絞り(ST)と、正パワーを有する第1反射ミラー(M1)と、負パワーを有する第2反射ミラー(M2)と、で構成されている。第1屈折レンズ群(G1)を構成している屈折レンズの縮小側面は非球面、拡大側面は自由曲面から成っており、第1、第2反射ミラー(M1, M2)の反射面は自由曲面から成っている。第3の実施の形態のフォーカスは、第2屈折レンズ群(G2)が平行移動することにより行われる。例えば、図9、図11に示すフォーカスポジション(i)において、第2屈折レンズ群(G2)を矢印mF方向(図11)に移動させると、図10、図12に示すフォーカスポジション(ii)となる。なお、フ

ォーカス時には絞り(ST)が第2屈折レンズ群(G2)と共に移動する。

【0017】各実施の形態のように、互いに偏心した2つ以上の屈折レンズ群(G1,G2,...)を備えるとともに、パワーを有する反射面(M1,...)を1面以上備え、また1次像面(I1)から2次像面(I2)までに中間実像を結像することのない構成とするのが望ましい。これにより、高い光学性能を保持しながら、斜め投影光学系を薄型のコンパクトにすることが可能となる。プロジェクターに用いられるカラー化のための多板構成では、クロスダイクロックプリズム等のガラスブロックが一般に必要とされるが、ガラスブロックの入射面や射出面に対して斜めに投影光が通過すると色収差が発生してしまう。上記のように屈折レンズ群(G1,G2,...)を備えていれば、色収差の補正が可能である。また、反射型表示素子(例えば反射型LCD)を斜め方向から照明することが可能になるため、偏光ビームスプリッター(PBS)等を用いる必要がなくなり低コスト化を達成することができる。

【0018】1次像面(I1)の画面中心から絞り(ST)の中心を通り2次像面(I2)の画面中心に到達する光線を「画面中心光線」とするとき、1次像面(I1)と2次像面(I2)との間での中間実像の結像なしに、以下の条件式(1)及び(2)を満たすことが望ましい。

$$10^{\circ} < \theta_0 < 70^{\circ} \quad \cdots (1)$$

$$0.40 < S1/S < 0.9 \quad \cdots (2)$$

ただし、

θ_0 : 画面中心光線が2次像面(I2)の法線となす角度、
S: 1次像面(I1)から2次像面(I2)までの画面中心光線の光路長、

S1: 2次像面(I2)から最初のパワーを有する光学面までの画面中心光線の光路長、である。

【0019】条件式(1)の上限を超えると、斜め投影による台形歪みを補正することが困難になる。条件式(1)の下限を超えると、斜め投影による薄型化の効果が小さくなってしまう。条件式(2)の上限を超えると、投影距離が長くなりすぎて薄型化の効果が小さくなる。条件式(2)の下限を超えると、拡大側の2次像面(I2)に近い光学素子の径が過大となり、コストアップとともにその製造が困難になる。

【0020】さらに以下の条件式(3)を満たすことが望ましい。

$$40^{\circ} < \theta_0 < 60^{\circ} \quad \cdots (3)$$

【0021】条件式(3)は、角度 θ_0 の更に好ましい条件範囲を規定している。条件式(3)の上限を超えると、台形歪み及び像面湾曲を補正するために自由曲面が多く必要になり、その分コストが高くなる。さらに、投影スクリーンに対する入射角度が大きくなるため、スクリーンにおいて観察者の方向に大きく光を曲げる必要が生じる。したがって、スクリーンの構造が複雑になりコストが高くなる。条件式(3)の下限を超えると、斜め投影に

よる効果的な薄型化が難しくなる。

【0022】各実施の形態のように、反射面の1面以上が自由曲面形状を有することが望ましい。自由曲面形状とは、大きく偏心した非球面を含むとともに回転対称軸を有効領域内に持たないような回転非対称な面形状である(各実施の形態に用いられている反射面は、Y-Z平面に対して対称な自由曲面形状を有する)。斜め投影では非軸対称な収差補正が必要となるが、自由曲面形状を有する反射面を1面以上用いることにより、少ない光学要素で斜め投影による非軸対称な収差補正が可能となる。また、2面以上の自由曲面を用いることが更に望ましい。自由曲面形状を有する反射面を2面以上用いることにより、斜め投影の台形歪みを主に補正する自由曲面[2次像面(I2)に近接した自由曲面]と、斜め投影による非対称な像面湾曲及び非点隔差を補正する自由曲面[絞り(ST)に近接した自由曲面]と、に収差補正が分担可能になるため、より高性能な投影光学系を達成することができる。

【0023】ところで、投影光学系を反射ミラーのみで構成する場合には、できるだけ多くのミラー面を自由曲面形状にする必要がある。自由曲面や非球面は、一般にプラスチックで形成することがコスト的に有利であるが、プラスチック面上に多層の誘電体多層膜を形成することは困難である。このため、プラスチックで構成された自由曲面ミラーでは、その反射率が可視域での平均で95%以下となる。残りの数%の光はプラスチック面に吸収されて熱になるため、反射ミラーの温度は上昇してしまう。プラスチック製の反射ミラーは耐熱性が低いため、温度上昇によって反射面形状が変形し、それが収差の悪化や耐久性の低下を招くことになる。

【0024】特に1次像面(I1)近傍から絞り(ST)近傍にかけての領域では、光が集中することになるため、上記熱の問題は重大であり、その領域にプラスチック製の自由曲面ミラーを配置することは不可能である。この問題を解決するには、1次像面(I1)近傍から絞り(ST)近傍にかけての領域に、非球面又は自由曲面を有するプラスチックレンズ、ガラスレンズ等の屈折系の光学素子を配置することが望ましい。屈折系の光学素子であれば、その透過率が1面で99%程度に抑えられるため、自由曲面をプラスチックで構成しても上記熱の問題を回避することができる。また1次像面(I1)近傍から絞り(ST)近傍にかけての領域に、ガラス成型により得られる自由曲面ミラーを配置してもよい。ガラスはプラスチックよりも耐熱性が高いため、上記熱の問題を回避することが可能である。

【0025】各実施の形態のように、1次像面(I1)と絞り(ST)との間に屈折面のみが配置された構成では、上述した観点から上記熱の問題を回避することができる。屈折面は反射面よりも耐熱性に優れるため、1次像面(I1)と絞り(ST)との間に屈折面を構成する屈折系の光学素子

(非球面又は自由曲面を有するプラスチックレンズやガラスレンズ)を用いれば、上記熱の問題を回避しつつより明るい照明を行うことが可能となる。また、1次像面(I1)と絞り(ST)との間は空間的に余裕のない領域であるが、この領域で反射ミラーによる光線の折り返しをしないことにより、1次像面(I1)を照明する照明光学系の配置が容易になるという効果もある。

【0026】第1、第3の実施の形態のように、絞り(ST)より2次像面(I2)側に反射ミラー(M1, M2)が2面配置された構成において、絞り(ST)側の第1反射ミラー(M1)が正パワーを有し、2次像面(I2)側の第2反射ミラー(M2)が負パワーを有することが望ましい。絞り(ST)に近い第1反射ミラー(M1)のパワーを正にすることで、第1反射ミラー(M1)から第2反射ミラー(M2)への光束を収束ぎみにすることができる。したがって、第2反射ミラー(M2)を小さくすることができるため、コスト面や製造しやすさの面で有利になる。さらに、第2反射ミラー(M2)のパワーを負にすることで、短い投影距離でも大きな画面の投影が可能になるため、投影光学系全体をコンパクトにすることができる。

【0027】各実施の形態のように、屈折レンズ群(G1, ...)を構成している屈折レンズのうち最も1次像面(I1)側に配置されている屈折レンズ(G1)が正のパワーを有し、以下の条件式(4)を満たすことが望ましい。

$$-1.7 < fs \times \beta y / S < -0.8 \quad \dots (4)$$

ただし、

fs: 最も1次像面(I1)側の正の屈折レンズ(G1)の焦点距離、

βy : 斜め投影方向の拡大倍率、

である。

【0028】条件式(4)の下限を超えると、表示素子からの光がテレセントリックから大きく外れるため、色合成プリズムで発生する色ムラが許容できなくなるとともに、投影光学系の全長が大きくなりすぎてしまう。条件式(4)の上限を超えると、このレンズのパワーが強くなりすぎるために発生する像面湾曲と歪曲が過大となり、補正が困難になる。

【0029】フォーカスに関しては、第3の実施の形態のように一部の光学要素を動かすことで行うのが望ましい。表示素子移動によるフォーカスは、多板方式においてフォーカスに伴う画素ズレを生じさせやすい。したがって、フォーカスと画素ズレ調整を同時に行う必要が生じるため、作業時間が長くなるという問題がある。ま

$$z = (c \cdot h^2) / [1 + \sqrt{1 - c^2 \cdot h^2}] + (A \cdot h^4 + B \cdot h^6 + C \cdot h^8 + D \cdot h^{10}) \quad \dots (AS1)$$

【数1】

$$z = (c \cdot h^2) / [1 + \sqrt{1 - (1 + K) \cdot c^2 \cdot h^2}] + \sum_m \sum_n [C(m, n) \cdot x^m \cdot y^n] \quad \dots (AS2)$$

【0034】ただし、

z: 高さhの位置での光軸方向の基準面からの変位量、

h: 光軸に対して垂直な方向の高さ($h^2 = x^2 + y^2$)、

た、光学系全体を動かすフォーカスは、移動部材が大きいためフォーカス機構自体も大きくなり、コストが高くなる。したがって、一部の光学要素(屈折系の光学素子、反射系の光学素子)を動かすことでフォーカスを行う構成が望ましい。この構成によると、多板構成における画素ズレ調整のための表示素子移動とフォーカスが独立するため、フォーカス及び画素ズレ調整作業が簡単になり、フォーカス機構自体もコンパクト化が達成される。第3の実施の形態のように一部の光学要素を平行に動かすこと(すなわち平行移動)でフォーカスを行うことが更に望ましい。これにより、フォーカスの移動機構がより簡単になり、コストを安くすることができる。

【0030】

【実施例】以下、本発明を実施した斜め投影光学系の構成を、コンストラクションデータ、スポットダイアグラム等を挙げて、更に具体的に説明する。ここで例として挙げる実施例1～3は、前述した第1～第3の実施の形態にそれぞれ対応しており、各実施の形態を表す図(図1、図2; 図5、図6; 図9～図12)は、対応する各実施例の光路等をそれぞれ示している。

【0031】各実施例のコンストラクションデータにおいて、 si ($i=1, 2, 3, \dots$)は、縮小側の1次像面(I1; 拡大投影における物面に相当する。)及び拡大側の2次像面(I2; 拡大投影における像面に相当する。)を含めた系において、縮小側から数えてi番目の面であり、 ri ($i=1, 2, 3, \dots$)は面 si の曲率半径(mm)である。また、 di ($i=1, 2, 3, \dots$)は、縮小側から数えてi番目の軸上面間隔(mm, 偏心面間隔は偏心データとして記載。)を示しており、 Ni ($i=1, 2, 3, \dots$)、 νi ($i=1, 2, 3, \dots$)は縮小側から数えてi番目の光学素子のd線に対する屈折率(Nd)、アッペ数(νd)をそれぞれ示している。なお、各フィールドポジションに対応する1次像面(I1)側の物高(mm)を併せて示し、また、表1に各実施例の条件式対応値及び関連データを示す。

【0032】*印が付された面 si は軸対称な非球面であり、その面形状は面頂点を原点とする直交座標系(x, y, z)を用いた以下の式(AS1)で定義される。また、\$印が付された面 si は自由曲面であり、その面形状は面頂点を原点とする直交座標系(x, y, z)を用いた以下の式(AS2)で定義される。非球面データ及び自由曲面データを他のデータと併せて示す。

【0033】

c: 近軸曲率($=1/\text{曲率半径}$)、

A, B, C, D: 非球面係数、

K: コーニック定数、

$C(m,n)$: 自由曲面係数、
である。

【0035】縮小側直前に位置する面に対して偏心した面については、偏心データを直交座標系(X,Y,Z)に基づいて示す。直交座標系(X,Y,Z)においては、1次像面(s1)の中心位置を原点(0,0,0)とする面頂点座標(XDE,YDE,ZDE)=[X軸方向の平行偏心位置(mm), Y軸方向の平行偏心位置(mm), Z軸方向の平行偏心位置(mm)]で、平行偏心した面の位置を表すとともに、その面の面頂点を中心とするX軸回りの回転角ADE(°)で、回転偏心位置(光路図中、紙面に向かって反時計回りを正とする。)を表す。光路図中、X軸方向は紙面に対して垂直方向であり(紙面の裏面方向を正とする。)、Y軸方向は1次像面(s1)と紙面とが交わる直線方向であり(光路図の上方向を正とする。)、Z軸方向は1次像面(s1)の法線方向である[2次像面(I2)側を正とする。]。なお、実施例3についてはフォーカスにより変化する面頂点座標(YDE,ZDE)を併せて示す。

【0036】各実施例の光学性能をスポットダイアグラ

《実施例1》

[面]	[曲率半径等]	[軸上面間隔]	[屈折率]	[アッペ数]
[1次像面(I1)]				
s1	r1= ∞			
[プリズムブロック(Pr)]				
s2	r2= ∞			
	XDE=0.000000, YDE=0.000000, ZDE=2.000000, ADE=8.231146			
	d2=25.000000	N1=1.516800	ν1=64.17	
s3	r3= ∞			
[第1屈折レンズ群(G1)]				
s4*	r4= 46.70870			
	A=-0.143476×10 ⁻⁴ , B=0.336127×10 ⁻⁷ , C=-0.100793×10 ⁻⁹			
	D=0.169578×10 ⁻¹²			
	XDE=0.000000, YDE=-0.209423, ZDE=27.884859, ADE=2.863299			
	d4= 5.054112	N2=1.516800	ν2=64.17	
s5	r5= -23.80876			
[第2屈折レンズ群(G2)]				
s6	r6= 17.16844			
	XDE=0.000000, YDE=-3.800929, ZDE=37.839776, ADE=-5.724528			
	d6= 8.214673	N3=1.754500	ν3=51.5700	
s7	r7= -183.84669			
	d7= 0.437109			
s8	r8= -36.61565			
	d8= 0.550000	N4=1.634801	ν4=31.1517	
s9	r9= 11.51501			
	d9= 2.998133			
s10	r10= -14.20564			
	d10=3.078071	N5=1.646976	ν5=30.1061	
s11	r11= -36.35997			
	d11=7.611291			
s12	r12= -97.19418			

ム(図3;図7;図13,図14)と歪曲図(図4;図8;図15,図16)でそれぞれ示す。スポットダイアグラムは2次像面(I2)での結像特性(mm)をd線, g線及びc線の3波長について示しており、歪曲図は1次像面(I1)での長方形網目に対応する2次像面(I2)での光線位置(mm)を示している。歪曲図中、D1(実線)が実施例の歪曲格子であり、D0(点線)がアナモ比を考慮した理想像点の格子(歪曲無し)である。なお、X軸と同方向にx軸をとり、x軸に対して垂直で、かつ、1次像面(I1)に対して平行な方向にy軸をとった場合、物高は1次像面(I1)の画面中心を原点とする座標(x,y)で表される。また、X軸と同方向にx'軸をとり、x'軸に対して垂直で、かつ、2次像面(I2)に対して平行な方向にy'軸をとった場合、像高は2次像面(I2)の画面中心を原点とする座標(x',y')で表される。したがって、各歪曲図はx'-y'平面に対して垂直方向から見た2次像面(I2)上での実際の像の歪曲状態(ただしx'の負側のみ)を示していることになる。

【0037】

d12=1.254406 N6=1.754500 ν 6=51.5700
 s13 r13= -19.09051
 d13=0.100000
 [絞り(ST)]
 s14 r14= ∞ (絞り半径=5.528787)
 [第1反射ミラー(M1)]
 s15\$ r15=-515.18948
 XDE=0.000000, YDE=-3.880643, ZDE=162.698182, ADE=40.395892
 K=0.000000
 $C(0,1)=4.5091 \times 10^{-1}$, $C(2,0)=-3.9754 \times 10^{-4}$, $C(0,2)=-4.3444 \times 10^{-4}$
 $C(2,1)=-9.2883 \times 10^{-6}$, $C(0,3)=-8.9339 \times 10^{-6}$, $C(4,0)=-3.3775 \times 10^{-8}$
 $C(2,2)=-6.0399 \times 10^{-8}$, $C(0,4)=3.4705 \times 10^{-8}$, $C(4,1)=2.9641 \times 10^{-9}$
 $C(2,3)=3.7180 \times 10^{-9}$, $C(0,5)=2.9922 \times 10^{-9}$, $C(6,0)=3.7758 \times 10^{-11}$
 $C(4,2)=8.4198 \times 10^{-11}$, $C(2,4)=1.0632 \times 10^{-10}$, $C(0,6)=2.4061 \times 10^{-11}$
 $C(6,1)=-9.7584 \times 10^{-13}$, $C(4,3)=1.2522 \times 10^{-12}$, $C(2,5)=1.7911 \times 10^{-12}$
 $C(0,7)=-6.4844 \times 10^{-13}$, $C(8,0)=-1.6691 \times 10^{-14}$, $C(6,2)=-1.7447 \times 10^{-15}$
 $C(4,4)=1.8389 \times 10^{-14}$, $C(2,6)=1.7057 \times 10^{-14}$, $C(0,8)=-1.2407 \times 10^{-14}$
 [第2反射ミラー(M2)]
 s16\$ r16=11790.68206
 XDE=0.000000, YDE=-221.232416, ZDE=-1.216178, ADE=63.818350
 K=0.000000
 $C(0,1)=1.9367$, $C(2,0)=-2.5631 \times 10^{-3}$, $C(0,2)=-7.1973 \times 10^{-3}$
 $C(2,1)=9.2605 \times 10^{-6}$, $C(0,3)=2.1326 \times 10^{-4}$, $C(4,0)=8.9157 \times 10^{-8}$
 $C(2,2)=-2.1518 \times 10^{-6}$, $C(0,4)=-6.9456 \times 10^{-7}$, $C(4,1)=-4.4593 \times 10^{-9}$
 $C(2,3)=5.9549 \times 10^{-8}$, $C(0,5)=-1.5015 \times 10^{-7}$, $C(6,0)=-4.7449 \times 10^{-11}$
 $C(4,2)=2.8377 \times 10^{-10}$, $C(2,4)=-9.6994 \times 10^{-10}$, $C(0,6)=4.0579 \times 10^{-9}$
 $C(6,1)=-4.8820 \times 10^{-14}$, $C(4,3)=-6.0060 \times 10^{-12}$, $C(2,5)=8.4012 \times 10^{-12}$
 $C(0,7)=-4.5581 \times 10^{-11}$, $C(8,0)=1.1592 \times 10^{-14}$, $C(6,2)=3.5666 \times 10^{-15}$
 $C(4,4)=4.7297 \times 10^{-14}$, $C(2,6)=-3.0020 \times 10^{-14}$, $C(0,8)=1.9608 \times 10^{-13}$
 [2次像面(I2)]
 s17 r17= ∞
 XDE=0.000000, YDE=-791.632950, ZDE=1233.624811, ADE=17.190021

【0038】

[各フィールドポジションに対応する1次像面(I1)側の物高]
 $(x,y)=(0.00000, 0.00000), (0.00000, 3.73600), (0.00000, 1.86800),$
 $(0.00000, -1.86800), (0.00000, -3.73600), (3.32075, 3.73600),$
 $(3.32075, 0.00000), (3.32075, -3.73600), (6.64150, 3.73600),$
 $(6.64150, 1.86800), (6.64150, 0.00000), (6.64150, -1.86800),$
 $(6.64150, -3.73600)$

【0039】

《実施例2》
 [面] [曲率半径等] [軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]
 [1次像面(I1)]
 s1 r1= ∞
 d1= 0.100000
 [プリズムブロック(Pr)]
 s2 r2= ∞
 d2=40.000000 N1=1.516800 ν 1=64.17
 s3 r3= ∞
 [第1屈折レンズ群(G1)]

s4* r4= 37.22004
 $A=-0.687561 \times 10^{-5}$, $B=0.305656 \times 10^{-8}$, $C=-0.432821 \times 10^{-11}$
 $D=0.178300 \times 10^{-14}$
 $XDE=0.000000$, $YDE=1.230868$, $ZDE=41.092651$, $ADE=-11.272977$
 $d4=9.478934$ $N2=1.516800$ $\nu 2=64.17$

s5 r5= -75.16721
 [第2屈折レンズ群(G2)]

s6 r6= 18.43381
 $XDE=0.000000$, $YDE=-4.657780$, $ZDE=63.581617$, $ADE=-2.914203$
 $d6=6.957547$ $N3=1.753490$ $\nu 3=51.6038$

s7 r7= -249.34663
 $d7=0.100000$

s8 r8= -223.20442
 $d8=0.900000$ $N4=1.675123$ $\nu 4=28.2701$

s9 r9= 12.75359
 $d9=12.989344$

s10 r10= -14.76633
 $d10=9.137331$ $N5=1.847429$ $\nu 5=26.2798$

s11 r11= -21.50143
 $d11=0.100000$

s12 r12= 60.06702
 $d12=2.260898$ $N6=1.753409$ $\nu 6=51.6065$

s13 r13= -66.17530
 $d13=0.100000$

[絞り(ST)]

s14 r14= ∞ (絞り半径=8.929177)

[第3屈折レンズ群(G3)]

s15 r15= 60.56155
 $XDE=0.000000$, $YDE=-5.308920$, $ZDE=107.168486$, $ADE=-12.460990$
 $d15=5.040667$ $N7=1.801983$ $\nu 7=22.6887$

s16 r16= 38.17795
 [第4屈折レンズ群(G4)]

s17 r17= -82.51476
 $XDE=0.000000$, $YDE=-24.514254$, $ZDE=134.213398$, $ADE=11.867790$
 $N8=1.600000$ $\nu 8=50.0000$

s18\$ r18= -48.20057
 $XDE=0.000000$, $YDE=-21.429443$, $ZDE=148.892769$, $ADE=17.627981$
 $K=0.000000$
 $C(0,1)=-1.2629 \times 10^{-2}$, $C(2,0)=7.6324 \times 10^{-3}$, $C(0,2)=8.8274 \times 10^{-3}$
 $C(2,1)=-9.0235 \times 10^{-5}$, $C(0,3)=-8.8068 \times 10^{-5}$, $C(4,0)=3.0504 \times 10^{-6}$
 $C(2,2)=5.1991 \times 10^{-6}$, $C(0,4)=1.3647 \times 10^{-6}$, $C(4,1)=-1.2274 \times 10^{-7}$
 $C(2,3)=9.1338 \times 10^{-8}$, $C(0,5)=1.3392 \times 10^{-7}$, $C(6,0)=1.5795 \times 10^{-9}$
 $C(4,2)=1.0046 \times 10^{-8}$, $C(2,4)=-8.3371 \times 10^{-9}$, $C(0,6)=-5.4608 \times 10^{-9}$
 $C(6,1)=-1.8409 \times 10^{-10}$, $C(4,3)=-4.7482 \times 10^{-10}$, $C(2,5)=2.1921 \times 10^{-10}$
 $C(0,7)=8.8471 \times 10^{-11}$, $C(8,0)=2.0063 \times 10^{-12}$, $C(6,2)=8.6883 \times 10^{-12}$
 $C(4,4)=1.0236 \times 10^{-11}$, $C(2,6)=-9.5143 \times 10^{-13}$, $C(0,8)=-2.4945 \times 10^{-13}$

[第1反射ミラー(M1)]

s19\$ r19= 484.60696
 $XDE=0.000000$, $YDE=-32.721774$, $ZDE=338.544609$, $ADE=19.876412$
 $K=0.000000$

$C(0,1)=1.5307$, $C(2,0)=1.2746 \times 10^{-3}$, $C(0,2)=1.6045 \times 10^{-3}$
 $C(2,1)=-2.7069 \times 10^{-5}$, $C(0,3)=-4.1320 \times 10^{-5}$, $C(4,0)=-9.8465 \times 10^{-8}$
 $C(2,2)=-1.1160 \times 10^{-7}$, $C(0,4)=-1.8515 \times 10^{-7}$, $C(4,1)=2.5453 \times 10^{-9}$
 $C(2,3)=7.3428 \times 10^{-9}$, $C(0,5)=9.5282 \times 10^{-9}$, $C(6,0)=6.2489 \times 10^{-12}$
 $C(4,2)=-1.9710 \times 10^{-11}$, $C(2,4)=-7.0208 \times 10^{-11}$, $C(0,6)=3.8356 \times 10^{-12}$
 $C(6,1)=-1.0859 \times 10^{-13}$, $C(4,3)=-2.6945 \times 10^{-13}$, $C(2,5)=-3.4077 \times 10^{-14}$
 $C(0,7)=-2.0958 \times 10^{-12}$, $C(8,0)=-3.4342 \times 10^{-16}$, $C(6,2)=1.5410 \times 10^{-15}$
 $C(4,4)=2.8319 \times 10^{-15}$, $C(2,6)=2.2998 \times 10^{-15}$, $C(0,8)=1.5687 \times 10^{-14}$

[2 次像面 (I2)]

s20 r20= ∞

XDE=0.000000, YDE=847.663047, ZDE=94.096282, ADE=-31.350316

【 0 0 4 0 】

[各フィールドポジションに対応する 1 次像面 (I1) 側の物高]

$(x,y)=(0.00000, 0.00000), (0.00000, 9.00000), (0.00000, 4.50000),$
 $(0.00000, -4.50000), (0.00000, -9.00000), (6.00000, 9.00000),$
 $(6.00000, 0.00000), (6.00000, -9.00000), (12.00000, 9.00000),$
 $(12.00000, 4.50000), (12.00000, 0.00000), (12.00000, -4.50000),$
 $(12.00000, -9.00000)$

【 0 0 4 1 】

《 実施例 3 》

[面] [曲率半径等] [軸上面間隔] [屈折率] [アッベ数]

[1 次像面 (I1)]

s1 r1= ∞

d1= 0.100000

[プリズムブロック (Pr)]

s2 r2= ∞

d2=40.000000 N1=1.516800 ν 1=64.17

s3 r3= ∞

[第 1 屈折レンズ群 (G1)]

s4* r4= 27.15757

A=-0.159264 $\times 10^{-4}$, B=0.278084 $\times 10^{-7}$, C=-0.392459 $\times 10^{-10}$

D=0.165520 $\times 10^{-13}$

XDE=0.000000, YDE=1.104200, ZDE=40.200000, ADE=1.828800

d4= 8.217708 N2=1.516800 ν 2=64.17

s5\$ r5= -59.69786

K=0.000000

$C(0,1)=-4.1697 \times 10^{-2}$, $C(2,0)=-1.0437 \times 10^{-3}$, $C(0,2)=-6.9849 \times 10^{-4}$

$C(2,1)=2.7171 \times 10^{-5}$, $C(0,3)=1.5774 \times 10^{-5}$, $C(4,0)=-2.1151 \times 10^{-7}$

$C(2,2)=-1.5052 \times 10^{-7}$, $C(0,4)=-7.8598 \times 10^{-7}$, $C(4,1)=-2.4605 \times 10^{-8}$

$C(2,3)=2.7285 \times 10^{-8}$, $C(0,5)=2.9623 \times 10^{-8}$, $C(6,0)=2.0889 \times 10^{-8}$

$C(4,2)=5.1467 \times 10^{-8}$, $C(2,4)=4.9394 \times 10^{-8}$, $C(0,6)=1.8655 \times 10^{-8}$

$C(6,1)=-3.4631 \times 10^{-11}$, $C(4,3)=-1.1603 \times 10^{-10}$, $C(2,5)=-4.0374 \times 10^{-10}$

$C(0,7)=-1.0193 \times 10^{-10}$, $C(8,0)=-2.7915 \times 10^{-11}$, $C(6,2)=-8.5645 \times 10^{-11}$

$C(4,4)=-1.0836 \times 10^{-10}$, $C(2,6)=-9.5474 \times 10^{-11}$, $C(0,8)=-2.0106 \times 10^{-11}$

[第 2 屈折レンズ群 (G2)]

s6 r6= 46.72081

XDE=0.000000, YDE=0.343200, ZDE=54.793000, ADE=-0.046400

d6= 3.648127 N3=1.746892 ν 3=51.8282

s7 r7= -106.07118

d7= 2.256696

s8 r8= -36.98381
d8=10.051440 N4=1.639391 ν 4=30.7444
s9 r9= 18.55035
d9= 5.365573
s10 r10= -32.78870
d10=7.024369 N5=1.605973 ν 5=34.1504
s11 r11= 43.56262
d11=0.145875
s12 r12= 42.32336
d12=11.083877 N6=1.764916 ν 6=42.3487
s13 r13= -27.53907
d13=0.100000

[絞リ(ST)]

s14 r14= ∞ (絞リ半径=8.518602)

[第1反射ミラー(M1)]

s15\$ r15=-301.34410
XDE=0.000000, YDE=20.461272, ZDE=194.484643, ADE=39.903360
K=0.000000
 $C(0,1)=4.5423 \times 10^{-1}$, $C(2,0)=4.5039 \times 10^{-4}$, $C(0,2)=1.6186 \times 10^{-4}$
 $C(2,1)=-9.0834 \times 10^{-6}$, $C(0,3)=-8.5756 \times 10^{-6}$, $C(4,0)=-2.4624 \times 10^{-8}$
 $C(2,2)=-1.9352 \times 10^{-9}$, $C(0,4)=6.7051 \times 10^{-8}$, $C(4,1)=2.9051 \times 10^{-9}$
 $C(2,3)=6.2404 \times 10^{-9}$, $C(0,5)=2.7989 \times 10^{-9}$, $C(6,0)=2.7038 \times 10^{-11}$
 $C(4,2)=1.2518 \times 10^{-10}$, $C(2,4)=2.3993 \times 10^{-10}$, $C(0,6)=3.8914 \times 10^{-11}$
 $C(6,1)=5.0561 \times 10^{-13}$, $C(4,3)=4.3033 \times 10^{-12}$, $C(2,5)=5.4791 \times 10^{-12}$
 $C(0,7)=6.9726 \times 10^{-13}$, $C(8,0)=-5.2820 \times 10^{-15}$, $C(6,2)=1.9971 \times 10^{-14}$
 $C(4,4)=5.8846 \times 10^{-14}$, $C(2,6)=4.7753 \times 10^{-14}$, $C(0,8)=6.6631 \times 10^{-15}$

[第2反射ミラー(M2)]

s16\$ r16= -95.46469
XDE=0.000000, YDE=-194.056296, ZDE=5.290871, ADE=63.913454
K=0.000000
 $C(0,1)=2.6001$, $C(2,0)=2.8186 \times 10^{-3}$, $C(0,2)=-9.0120 \times 10^{-4}$
 $C(2,1)=-1.4514 \times 10^{-4}$, $C(0,3)=1.0385 \times 10^{-4}$, $C(4,0)=1.4821 \times 10^{-7}$
 $C(2,2)=1.1660 \times 10^{-5}$, $C(0,4)=-2.5919 \times 10^{-7}$, $C(4,1)=-2.2429 \times 10^{-8}$
 $C(2,3)=-5.5819 \times 10^{-7}$, $C(0,5)=-5.0997 \times 10^{-8}$, $C(6,0)=6.0417 \times 10^{-11}$
 $C(4,2)=1.7171 \times 10^{-9}$, $C(2,4)=1.3392 \times 10^{-8}$, $C(0,6)=6.7092 \times 10^{-10}$
 $C(6,1)=-4.0241 \times 10^{-12}$, $C(4,3)=-3.8374 \times 10^{-11}$, $C(2,5)=-1.5583 \times 10^{-10}$
 $C(0,7)=-2.4608 \times 10^{-12}$, $C(8,0)=4.3528 \times 10^{-15}$, $C(6,2)=6.1025 \times 10^{-14}$
 $C(4,4)=2.9147 \times 10^{-13}$, $C(2,6)=7.1407 \times 10^{-13}$, $C(0,8)=5.1111 \times 10^{-16}$

[2次像面(I2)]

s17 r17= ∞
XDE=0.000000, YDE=-538.425624, ZDE=792.252066, ADE=12.177415

[0042]

[各ファカポジション(i), (ii)での面頂点座標(YDE, ZDE)]

s6...YDE=(i)0.34320, (ii)0.29510; ZDE=(i)54.79300, (ii)54.19310
s17...YDE=(i)-538.42562, (ii)-600.85012; ZDE=(i)792.25207, (ii)900.87289

[0043]

[各ファカポジションに対応する1次像面(I1)側の物高]

(x, y)=(0.00000, 0.00000), (0.00000, 9.00000), (0.00000, 4.50000),
(0.00000, -4.50000), (0.00000, -9.00000), (6.00000, 9.00000),
(6.00000, 0.00000), (6.00000, -9.00000), (12.00000, 9.00000),

(12.00000, 4.50000), (12.00000, 0.00000), (12.00000, -4.50000),
 (12.00000, -9.00000)

【 0 0 4 4 】

【 表 1 】

< 条 件 式 対 応 値 等 >

	(1), (3)	(2)	(4)	関 連 デ ー タ			
	θ_o	S_1 / S	$f_s \times \beta_y / S$	S_1	S	f_s	β_y
実 施 例 1	44.98	0.77713	-1.394274	1400	1801.5	31.28	-80.3
実 施 例 2	41.94	0.68916	-1.481432	899.7	1305.5	49.59	-39
実 施 例 3 (i)	41.96	0.66418	-1.111026	899.1	1353.7	37.32	-40.3
実 施 例 3 (ii)	41.97	0.69214	-1.136337	1024.3	1479.9	37.32	-45.14

【 0 0 4 5 】

【 発 明 の 効 果 】 以上説明したように本発明によれば、斜め投影角度を十分にとりながらコンパクト化を達成した、製造容易で高性能な斜め投影光学系を実現することができる。

【 図 面 の 簡 単 な 説 明 】

【 図 1 】 第 1 の 実 施 の 形 態 (実 施 例 1) の 光 路 図。

【 図 2 】 第 1 の 実 施 の 形 態 (実 施 例 1) の 光 学 構 成 及 び 投 影 光 路 要 部 を 示 す 図。

【 図 3 】 実 施 例 1 の ス ポ ッ ト ダ イ ア グ ラ ム。

【 図 4 】 実 施 例 1 の 歪 曲 図。

【 図 5 】 第 2 の 実 施 の 形 態 (実 施 例 2) の 光 路 図。

【 図 6 】 第 2 の 実 施 の 形 態 (実 施 例 2) の 光 学 構 成 及 び 投 影 光 路 要 部 を 示 す 図。

【 図 7 】 実 施 例 2 の ス ポ ッ ト ダ イ ア グ ラ ム。

【 図 8 】 実 施 例 2 の 歪 曲 図。

【 図 9 】 第 3 の 実 施 の 形 態 (実 施 例 3) の フォーカスポジション(i)での光路図。

【 図 1 0 】 第 3 の 実 施 の 形 態 (実 施 例 3) の フォーカスポジション(ii)での光路図。

【 図 1 1 】 第 3 の 実 施 の 形 態 (実 施 例 3) の フォーカスポジション(i)での光学構成及び投影光路要部を示す図。

【 図 1 2 】 第 3 の 実 施 の 形 態 (実 施 例 3) の フォーカスポジション(ii)での光学構成及び投影光路要部を示す図。

【 図 1 3 】 実 施 例 3 の フォーカスポジション(i)でのスポットダイアグラム。

【 図 1 4 】 実 施 例 3 の フォーカスポジション(ii)でのスポットダイアグラム。

【 図 1 5 】 実 施 例 3 の フォーカスポジション(i)での歪曲図。

【 図 1 6 】 実 施 例 3 の フォーカスポジション(ii)での歪曲図。

【 符 号 の 説 明 】

I1 … 1 次 像 面

I2 … 2 次 像 面

Pr … プリズムブロック

G1 … 第 1 屈折レンズ群

G2 … 第 2 屈折レンズ群

G3 … 第 3 屈折レンズ群

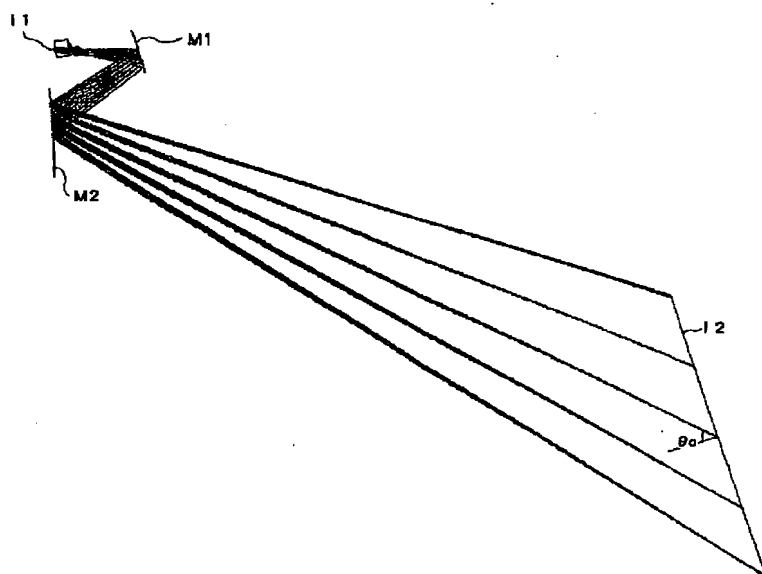
G4 … 第 4 屈折レンズ群

ST … 絞 り

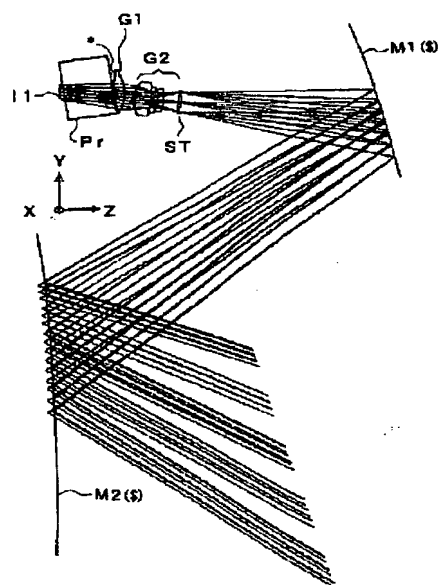
M1 … 第 1 反 射 ミ ラ ー

M2 … 第 2 反 射 ミ ラ ー

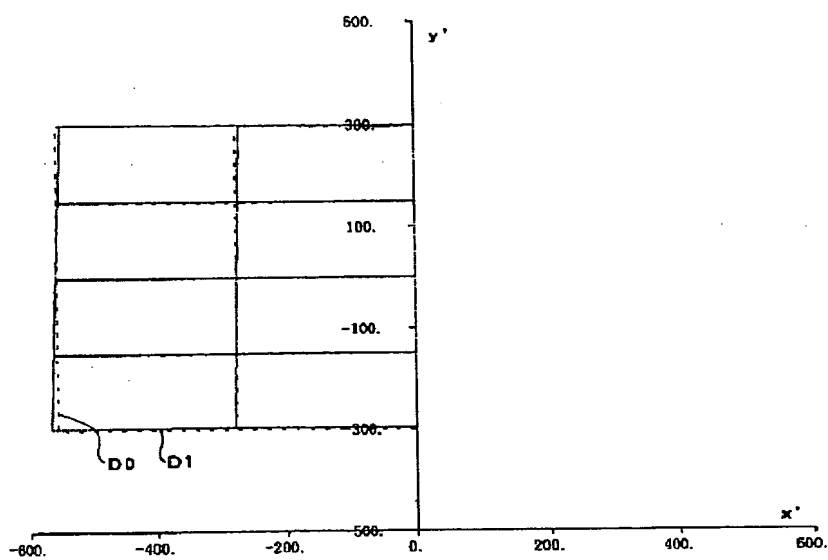
【図1】



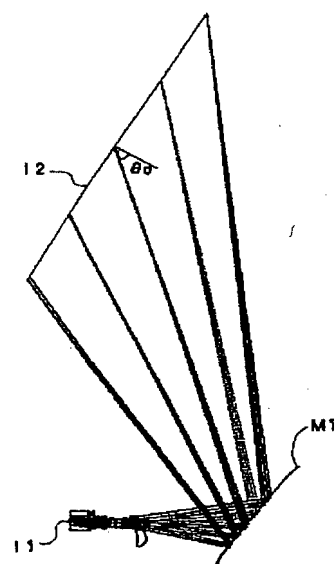
【図2】



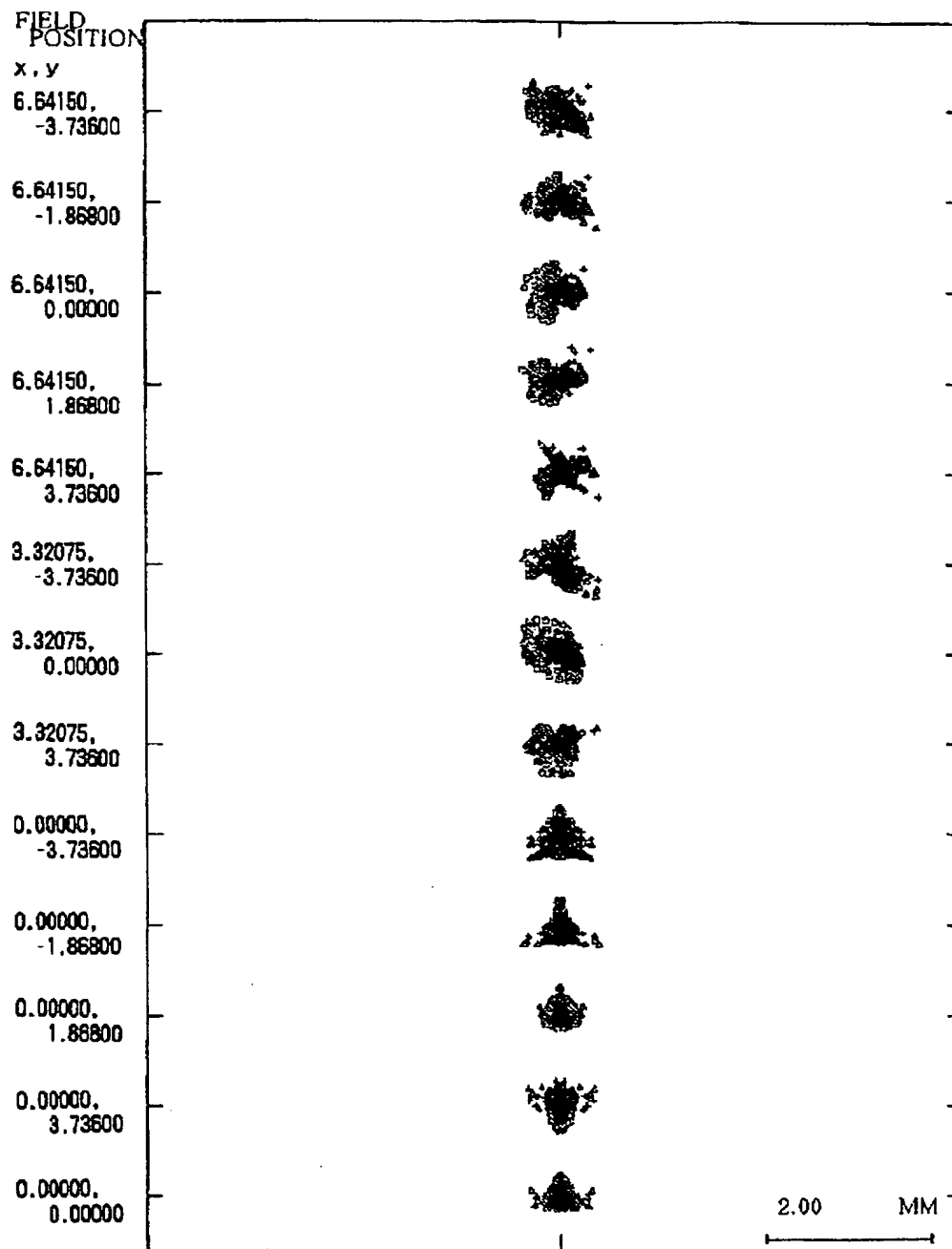
【図4】



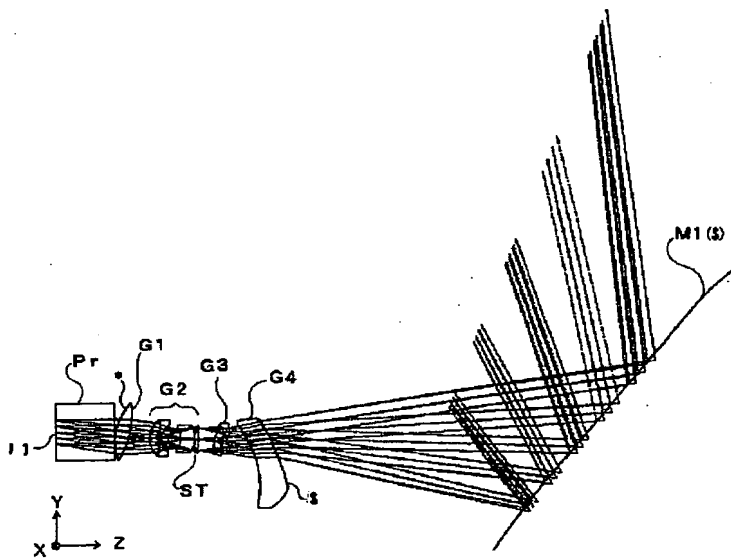
【図5】



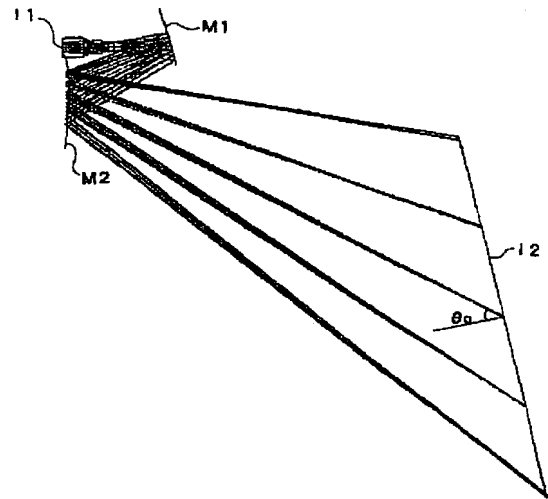
【図3】



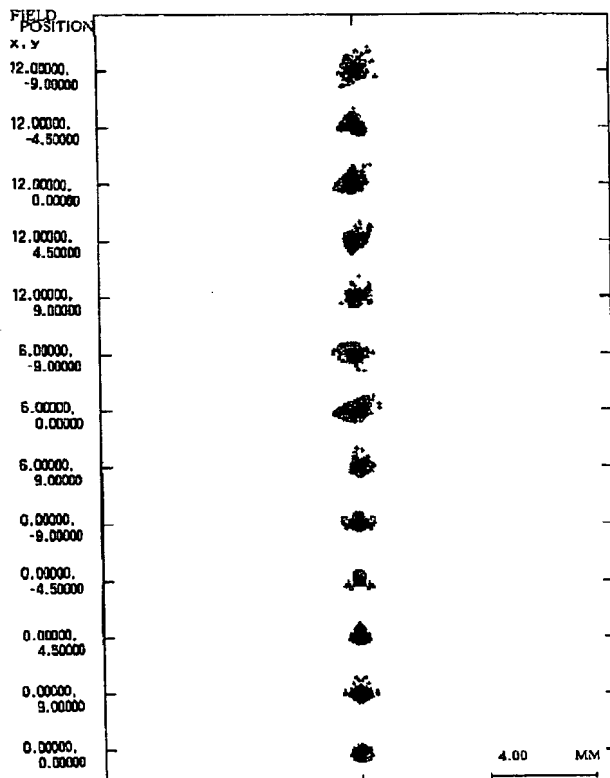
【図6】



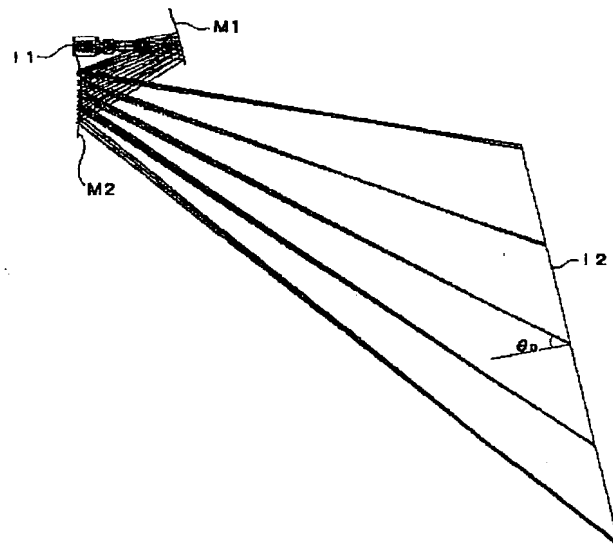
【図9】



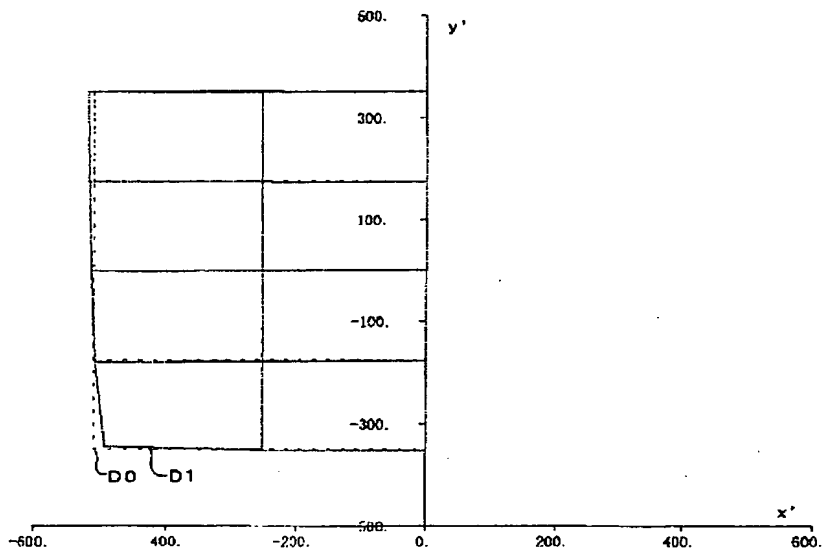
【図7】



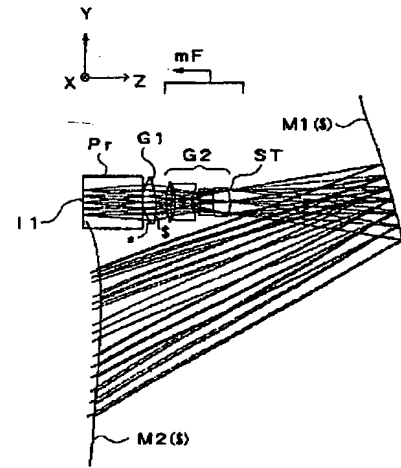
【図10】



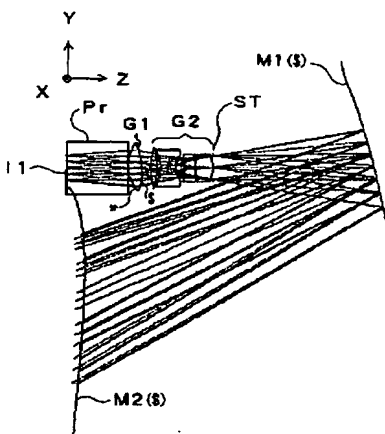
【図8】



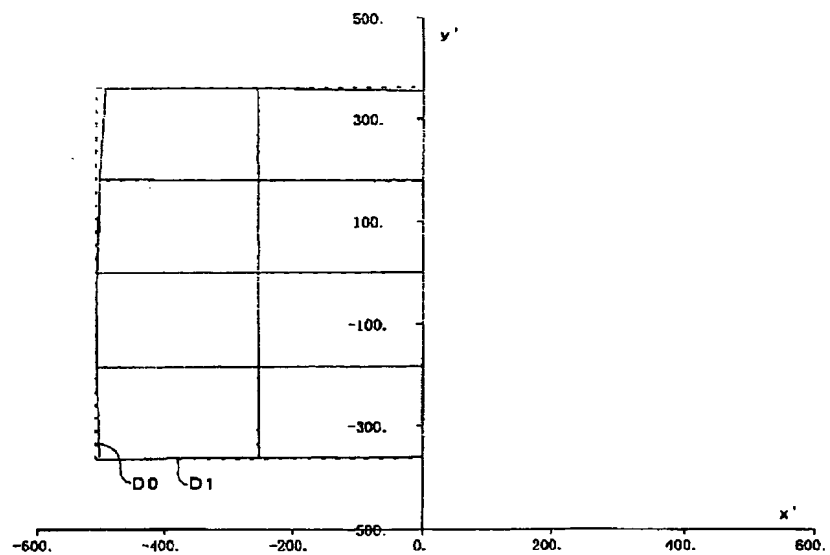
【図11】



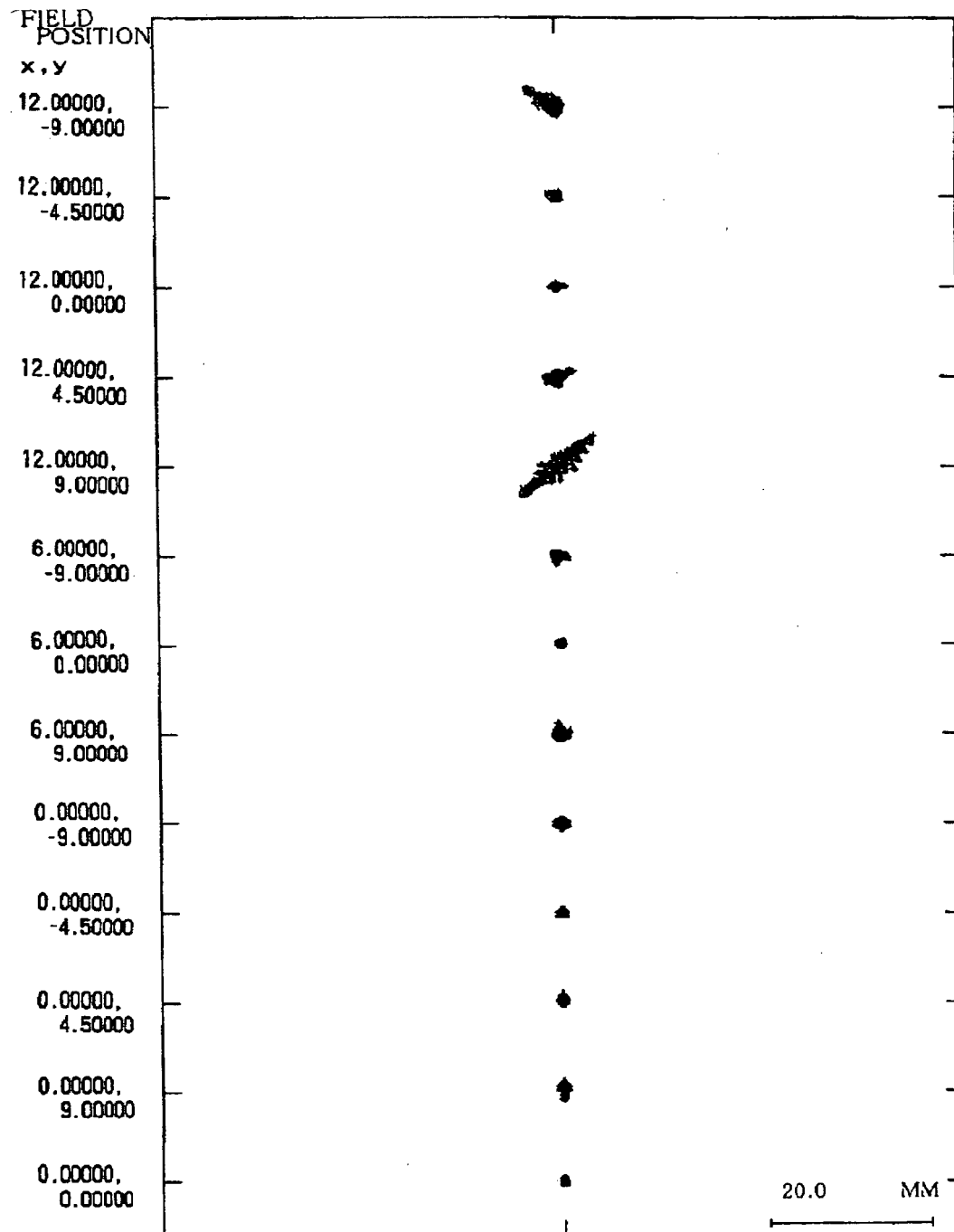
【図12】



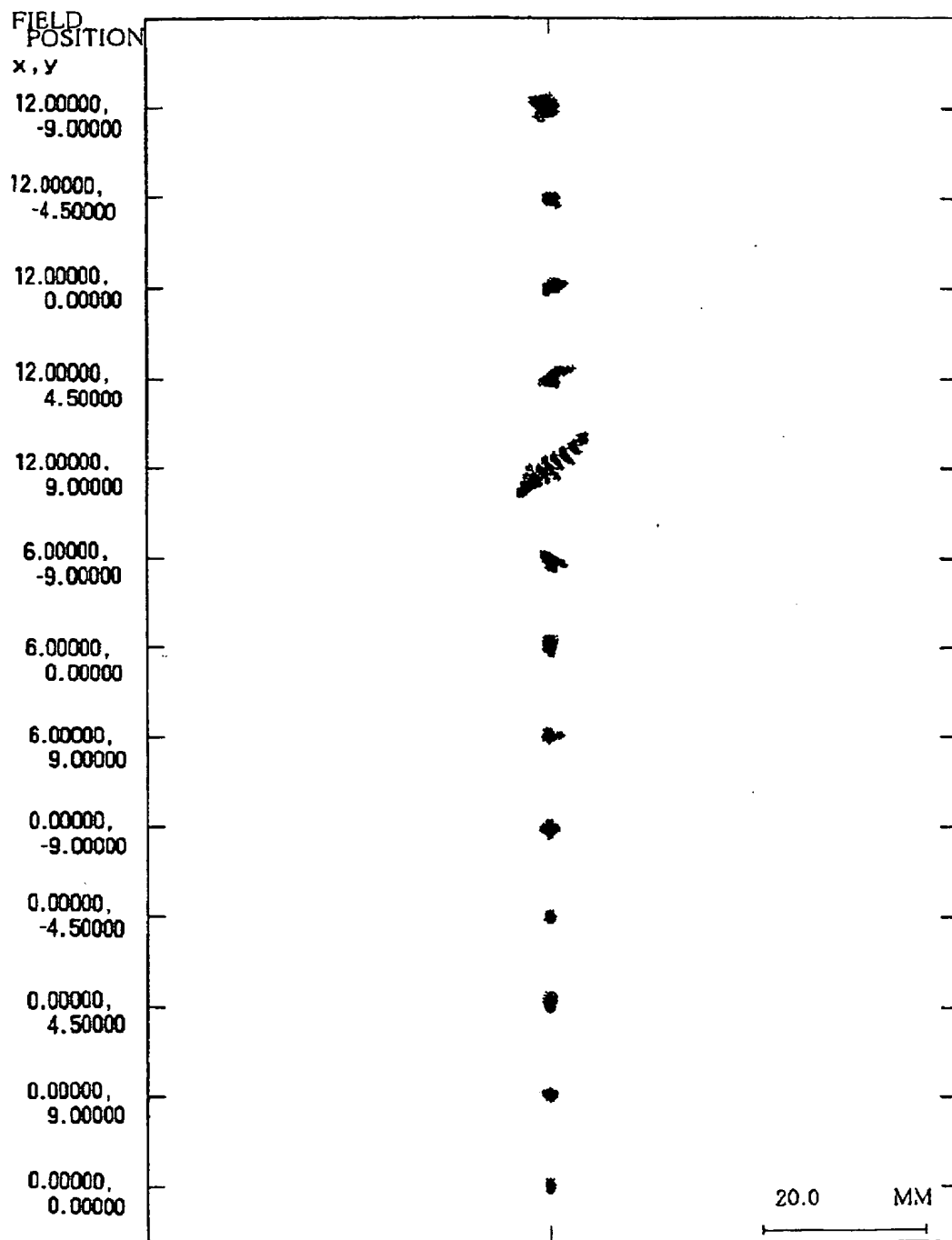
【図15】



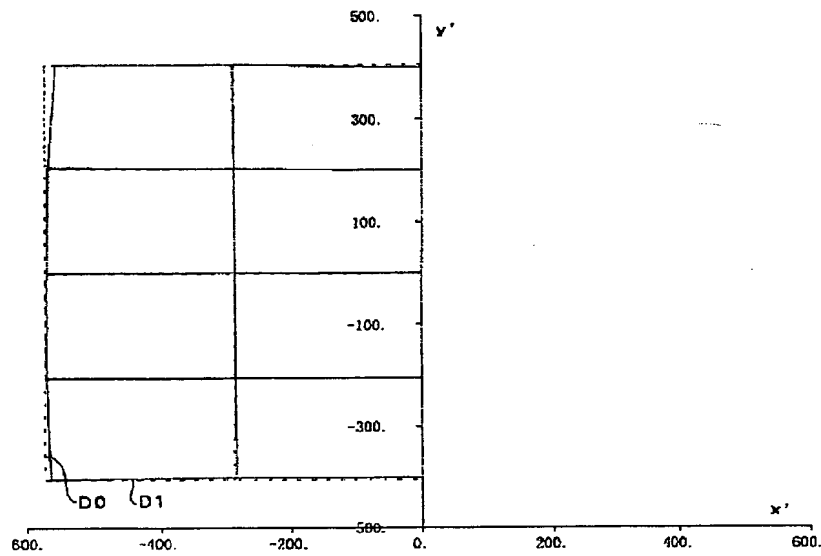
【 13】



【図14】



【図16】



フロントページの続き

(72)発明者 石原 淳
大阪府中央区安土町二丁目3番13号 大阪
国際ビル ミノルタ株式会社内

Fターム(参考) 2H087 KA06 MA05 NA00 RA05 RA13
RA32 RA41 TA00 TA04 TA06